

УДК 62.835+621.311.61

І.М. Платов, студент гр. ПГ-01мн, к.т.н., доц. О.М. Павловський
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ГЕКСАПОД ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СКЛАДНИХ СПОРУД ТА ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ.СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ.

Анотація. В роботі запропоновано і обґрунтовано структурну схему системи живлення крокуючого робота – гексапода для цілей діагностики та контролю стану технічних сухих каналів, вентиляційних шахт, труб і т.п. Для цього був виконаний огляд існуючих рішень в області побудови систем живлення мобільних роботів, аналіз котрих виявив неможливість застосування існуючих зразків через їхні недоліки. Дослідивши ринок сучасних компонентів, були обрані найкращі з них і на їх базі була розроблена система живлення для гексапода.

Ключові слова: робототехніка, гексапод, система живлення, акумулятор, складні споруди, інженерні об'єкти.

ВСТУП І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

З розвитком робототехнічних рішень все більш широко застосовуються прототипи крокуючих мобільних роботів для вирішення практичних задач [1, 2]. Одними з таких задач можуть бути діагностика та контроль стану технічних сухих каналів, вентиляційних шахт, труб тощо. Головним недоліком існуючих технічних засобів та конструкцій роботів, що використовуються у процесах контролю та діагностики є їхня залежність від джерела живлення. Живлення та інформаційний зв'язок таких роботів відбувається за допомогою кабеля, довжина якого обмежена [3]. Рішенням такої проблеми є подовження кабеля, але у такому випадку виникає проблема збільшення його ваги і відповідно необхідність у підвищенні потужності приводів робота для його підйому по вертикальних каналах, трубах і т.п. Збільшення потужності приводів призведе до збільшення як вартості конструкції, так і її габаритів, що унеможливить застосування робота в вузьких каналах трубах і т.п. Іншою проблемою існуючих конструкцій діагностичних засобів є необхідність у заміні шасі, залежно від діаметра труб, каналів тощо, а також відсутність універсального рішення для всіх типів комунікацій.

Для вирішення цих проблем пропонується застосувати крокуючого робота – гексапода в якості автономного засобу для контролю та діагностики стану складних споруд та інженерних об'єктів. Складовими такого робота, окрім приводів для руху кінцівок, можуть бути засоби бездротової передачі даних, засоби освітлення, різноманітні датчики сенсори і т.д. Все це потребує потужного автономного джерела живлення – головна проблема існуючих зразків такого типу роботів, які на сьогоднішній день можуть працювати лише до однієї години [4]. На відміну від роботів, що мають ходову частину на базі коліс, котрі приводяться в дію одним, двома електродвигунами, конструкції крокуючих роботів зазвичай будуються за допомогою сервоприводів, і чим більша їх кількість, тим більше енергоспоживання. Тому виникає потреба у побудові дешевої, простої у збірці та обслуговуванні, надійної системи живлення крокуючого робота – гексапода.

Таким чином, метою даної роботи є огляд існуючих автономних джерел електричної енергії та розробка на їх базі системи живлення робота – гексапода

з метою його використання для діагностики та контролю стану технічних сухих каналів, вентиляційних шахт, труб тощо.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

Сьогодні відомо багато способів і технологій накопичення електричної енергії із наступною передачею споживачу, до них відносяться використання акумуляторів різної ємності та конструкції, конденсаторів, сонячних панелей, тощо. Не дивлячись на те, що роботи по вдосконаленню таких джерел постійно ведуться, однозначних рекомендацій для вибору певного джерела живлення не існує. Отже розглянемо їх більш детально.

Ідея використання конденсаторів замість акумуляторів не є новою і останнім часом широко застосовується у пристроях з малими струмами навантаження, наприклад, вуличні ліхтарі, що накопичують енергію за допомогою сонячної панелі впродовж дня, заряджаючи іоністор (або суперконденсатор), ємність якого може становити тисячі Фарад [5]. Потім впродовж ночі освітлюють місцевість, живлячись від іоністора. Таку ідею реалізували у роботі [6]. Автори пропонують в якості автономного джерела живлення використати конденсатори. Незважаючи на досить малий, порівняно з акумуляторами, час заряджання, більшу кількість циклів заряд/розряд без втрати ємності, дане джерело електричної енергії не є ефективним, оскільки конденсатори мають високий саморозряд через струми витоку, а час повного розряду такого джерела становить декілька хвилин, оскільки під час роботи приводів руху вони споживають досить високі струми.

В джерелі [7] запропонований інший варіант - наведена схема джерела електричної енергії для двигуна на базі сонячної панелі. Серед переваг такого живлення можна виділити екологічність, довгий строк служби, високий ККД, але при невеликих габаритах панелі, неможливо отримати досить потужності для живлення усіх складових гексапода, серед яких є приводи руху кінцівок – найбільш енергоспоживаючі елементи, датчики і сенсори. Не менш важливим фактором відмови від такого джерела виступає область застосування гексапода. При дослідженні або контролі стану інженерних об'єктів, наприклад, труб або вентиляцій, сонячна панель не вироблятиме енергію, отже дане джерело в такому випадку не підходить.

Таким чином, існуючі розробки хоч і є перспективними, однак через свої обмеження для сфери застосування гексапода не підходять. Тому було вирішено створювати систему живлення на базі хімічних джерел електроенергії – акумуляторів.

Ринок елементів живлення пропонує широкий вибір різноманітних гальванічних елементів та акумуляторів, котрі мають широкий масогабаритний та ємнісний спектри. Виділимо найбільш розповсюджені, які застосовуються в конструкціях крокуючих роботів: NiMH, LiPol, LiIon [8]. NiMH – до переваг можна віднести: більшу ємність, порівняно з NiCd, меншу схильність до «ефекту пам'яті», екологічну чистоту, недоліками є обмежений строк служби та струми розряду (великі струми допустимі, але значно скорочують строк служби

акумулятора), потребують обслуговування (повний заряд/розряд) для уникнення кристалізації. LiIon – мають високу ємність, не мають «ефекту пам'яті», строк служби схожий із NiMH, недовіками мають потребу у схемі захисту заряду/розряду, через легку займистість від перегріву. LiPol – продовження розвитку LiIon акумуляторів із застосуванням твердого електроліту(полімеру). Основною перевагою є можливість отримання будь якої форми і розміру акумулятора (товщиною від 1 мм) і відповідно зменшити габарити кінцевого пристрою. Інші характеристики схожі з LiIon акумуляторами.

Розвиток матеріально-технічної бази сприяв появі сімейства нових акумуляторів на базі Li, які мають схожі з LiIon характеристики, тому в даній роботі не розглядаються. Зведену характеристику, зазначених вище, акумуляторів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика акумуляторів, що застосовуються в крокуючих роботах.

Тип акумулятора	Енергетична щільність, Вт/кг	Номинальна струмовіддача	Кількість циклів(заряд/розряд)	U _{ном} на одному елементі, В
NiMH	60-120	0.5C(до 5C для високострумівих)	300-500	1.25
LiIon	110-160	1C(до 5C для високострумівих)	500-1000	3.6-3.7
LiPol	100-130	1C(>2C для високострумівих)	300-500	3.6-3.7

Варто зазначити, що останнім часом існує тенденція переходу від NiCd та NiMH акумуляторів до LiIon і відповідно виробниками була підвищена максимальна струмовіддача останніх (до 40А в імпульсному режимі і до 15А в постійному). Тому для живлення гексапода були застосовані саме LiIon акумулятори.

Не менш важливою стороною використання акумуляторів є процес їх зарядки. Під час експлуатації акумуляторів, у випадку використання декількох, з'єднаних послідовно, втрата їх ємності може відбуватися нерівномірно. Для компенсації цього ефекту існує готове рішення - Battery Management System (BMS) [9]. BMS, що розрахована на послідовне з'єднання декількох акумуляторів, реалізує комплекс їх захисту, здійснює балансування при заряді та моніторинг стану окремих елементів.

Як було зазначено раніше, в конструкції крокуючих роботів може застосовуватися декілька приводів руху кінцівок, керовані мікроконтролером, потужності і виходів якого може не вистачити для всіх приводів. Дана проблема легко вирішується за допомогою модуля розширення - 16-канального 12-bit PWM/Servo з I2C інтерфейсом на PCA9685 [10], за допомогою якого можливо підключити до 16 сервоприводів, а поєднавши декілька таких плат – до 992.

Для зменшення навантаження на акумулятори та підвищення надійності і відмовостійкості системи в цілому, живлення мікроконтролера та усіх датчиків і сенсорів було вирішено здійснювати окремою лінією. Так як у такому випадку, у разі відмови силової частини – живлення приводів руху, буде можливість визначити місцезнаходження робота через систему зв'язку та продовжити час запису даних на об'єкті дослідження. З іншого боку таке рішення дасть змогу використати різні типи акумуляторів на кожному з ліній живлення системи: на силову частину – високострумний, на керувально-вимірювальну – звичайний, що вигідніше з економічної точки зору.

З метою узгодження рівнів напруг різних складових системи пропонується застосувати лінійний стабілізатор, наприклад, AMS1117 [11], або підвищуючий перетворювач з 3.7 до 5В [12].

Використовуючи вищевказані технічні рішення, була розроблена система живлення гексапода, функціонально показана на рис. 1.

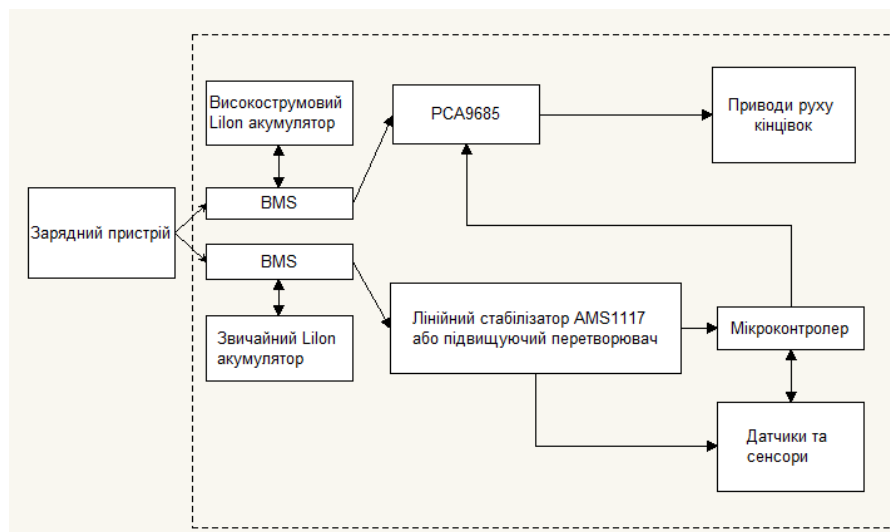


Рисунок 1. Система живлення гексапода.

Частина, виділена штрих пунктирним прямокутником, розміщується безпосередньо на платформі робота, зарядний пристрій підключається через відповідний роз'єм і по завершенню процесу зарядки відключається. усі акумулятори під'єднуються до BMS паралельно. Зауважимо те, що у випадку використання більше одного акумулятора, ємність окремих елементів повинна бути однаковою для рівномірного заряду. Силова та вимірювальна частина живляться окремо від відповідних BMS. Напруга на виході BMS при повністю заряджених акумуляторах становить 4.2 В, тому для узгодження напруг в схему включений стабілізатор (для 3.3 В) або підвищуючий перетворювач (для 5 В). Модуль PCA9685, до якого підключені приводи, керується мікроконтролером, який зв'язаний з модулем лише інформаційним зв'язком. Таким чином, представлена конструкція складається із доступних та недорогих компонентів і дозволить забезпечити стабільне живлення гексапода в умовах його застосування.

ВИСНОВОК

Основною метою даної роботи було створення надійної, дешевої, легкої у збірці системи живлення крокуючого робота – гексапода, якого можна використати для діагностики та контролю стану складних споруд та інженерних об'єктів. Огляд попередніх розробок показав неефективність існуючих систем в області застосування робота. Проаналізувавши існуючі рішення, були обрані сучасні та недорогі, на базі яких була створена система живлення гексапода. Запропоновано розділити силову та вимірювальну частини на дві окремі лінії, що підвищить надійність та відмовостійкість системи. Надалі планується підтвердити ефективність розробленої системи, використавши запропоновані елементи та встановивши її на гексапод. Надалі планується підтвердити ефективність розробленої системи живлення шляхом проведення випробувань робота-гексапода в реальних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Платов І. М., Крокуючий квадропод : дипломний проєкт ... бакалавра : 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Платов Ілля Михайлович. – Київ, 2020. – 65 с.
- [2] Платов І. М., Павловський О. М., Півторак Д.О., Концепція створення керованих автоматизованих крокуючих платформ з чотирма кінцівками. Вісник НТУУ «КПІ» Серія «Приладобудування» - 2020.-№59 (1), с. 22-32
- [3] Краулеры, роботы ВТД [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://robotrends.ru/robopedia/kraulery-polzayushie-roboty>
- [4] Vorpai The Hexapod Battery Recommendations [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vorpairobotics.com/wiki/index.php/Vorpai_The_Hexapod_Battery_Recommendations#Two_18650_Size_LI-ON_Batteries
- [5] Конденсатор вместо аккумулятора [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.elec.ru/articles/kondensator-vmesto-akkumulyatora/>
- [6] G. Parker; R. Georgescu; K. Northcutt. Continuous power supply for a robot colony. Proceedings World Automation Congress, 2004.
- [7] Л. Джон, Создаем робота-андроида своими руками.: Пер. с англ. Мельникова Г. — М.: Издательский дом ДМК-пресс, 2007 — 312 с.
- [8] Устройство и сравнение аккумуляторных батарей. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.lumentorg.ru/review/compare-batteries/>
- [9] BMS – обзор контроллеров защиты аккумуляторов. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://voltiq.ru/bms-protection-board-review/>
- [10] PCA9685 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/PCA9685.pdf>
- [11] AMS1117. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>
- [12] LT1300. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/lt1300.pdf>

Наук. керівник – к.т.н., доц. О.М. Павловський